

ICS 93.100

CCS P 65

T

团体标准

T/CEATEC XXX—2026

铁路大风实时监测与预警系统技术规范

Railway gale real-time monitoring and early warning system technical
specification

2026-X-XX 发布

2026-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总体要求 2

 4.1 总体架构 2

 4.2 基本要求 2

 4.3 性能指标 2

5 监测终端要求 2

 5.1 总体要求 2

 5.2 风速传感器 2

 5.3 风向传感器 3

 5.4 数据采集器 3

 5.5 供电模块 3

 5.6 防护外壳与安装支架 4

6 数据传输要求 4

 6.1 传输网络选择 4

 6.2 数据传输协议 4

 6.3 传输性能要求 4

 6.4 传输网络维护 4

7 数据处理与分析要求 4

 7.1 数据处理中心硬件要求 4

 7.2 数据处理软件要求 4

 7.3 数据处理流程 4

8 预警要求 5

 8.1 预警等级划分 5

 8.2 预警触发条件 5

 8.3 预警发布方式 5

 8.4 预警解除 5

9 试验方法 5

 9.1 监测终端环境与可靠性试验 5

 9.2 终端设备精度与性能试验 6

 9.3 数据传输性能试验 6

 9.4 数据处理与软件功能试验 7

 9.5 预警功能试验 7

前言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件主要起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

铁路大风实时监测与预警系统技术规范

1 范围

本文件规定了铁路大风实时监测与预警系统（以下简称“系统”）的总体要求、监测终端要求、数据传输要求、数据处理与分析要求、预警要求及试验方法。

本文件适用于高速铁路、城际铁路及普速铁路沿线的风速风向监测、数据传输及行车安全预警系统的设计、建设、验收。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A： 低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B： 高温

GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db： 交变湿热（12h+12h循环）

GB/T 4208 外壳防护等级(IP代码)

GB/T 21621 危险品 金属腐蚀性试验方法

GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

GB/T 25000.51 系统与软件工程 系统与软件质量要求和评价（SQuaRE） 第51部分：就绪可用软件产品（RUSP）的质量要求和测试细则

GB/T 25119 轨道交通 机车车辆电子装置

GB/T 28452 信息安全技术 应用软件系统通用安全技术要求

GB/T 35274 数据安全技术 大数据服务安全能力要求

TB 10180 铁路防雷及接地工程技术规范(附条文说明)

TB 10185 铁路自然灾害及异物侵限监测系统工程技术规程(附条文说明)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

铁路大风实时监测与预警系统 railway gale real-time monitoring and early warning system

由监测终端、数据传输网络、数据处理中心、预警发布终端及配套设备组成，可实时采集铁路沿线大风参数，进行数据处理、分析、判断，并及时发布不同等级预警信息的综合性系统。

3.2

瞬时风速 instantaneous wind speed

某一时刻测得的风速瞬时值，单位为米每秒（m/s），采样时间间隔应不超过0.5s。

3.3

预警阈值 early warning threshold

触发预警的风速界限值。依据风速由低到高，分为关注预警、警戒预警和限速预警三级。

4 总体要求

4.1 总体架构

铁路大风实时监测与预警系统应采用三级架构：

- a) 现场采集层：由风速风向传感器、数据采集单元、供电单元、通信模块组成，负责原始数据的采集与预处理；双套传感器互为冗余，单套故障时系统自动切换；
- b) 数据传输层：包括有线/无线传输网络、远程终端单元（RTU）及通信管理机，负责数据的汇聚、加密与安全传输；支持主备双链路自动切换；
- c) 中心处理层：包括数据服务器、应用服务器、监控终端和调度工作站，负责数据的处理、存储、分析与预警决策，服务器采用双机热备方式。

4.2 基本要求

- 4.2.1 系统应具备全天候、不间断的自动化监测能力，涵盖实时监测、数据传输、预警发布、故障报警等全流程功能。
- 4.2.2 系统应支持双套传感器冗余配置，单套故障不应导致监测中断；监测终端关键部件、数据传输网络、数据处理中心服务器均应采用双备份配置，无单点故障。
- 4.2.3 系统时间同步应采用北斗或GPS授时，全系统时间同步精度不大于±500ms。
- 4.2.4 系统安全保护等级应符合GB/T 22239规定的第二级及以上要求。
- 4.2.5 系统应具备完善的防雷及接地措施，符合TB 10180规定的第二类防雷建筑物标准。
- 4.2.6 系统工作环境应适应铁路沿线恶劣条件，在-40℃~+70℃、相对湿度0%~100%（非冷凝）条件下正常工作，防护等级不低于GB/T 4208中IP65的要求。

4.3 性能指标

系统性能应符合表1的规定。

表1 系统性能指标

指标名称	指标要求
系统响应时间	≤10s（风速达预警阈值至调度终端提示）
系统可用率	≥99.99%
数据完整率	≥99.5%
数据存储能力	现场采集单元≥7天原始数据；中心服务器≥3年历史数据及报警记录；关键报警数据冗余备份，周期24h
并发处理能力	中心处理层可同时处理≥500个监测点数据接入
风速测量精度	±(0.3m/s+3%读数)，高精度等级±(0.1m/s+1%读数)
数据传输延迟	≤5s，紧急预警信息≤2s

5 监测终端要求

5.1 总体要求

监测终端应安装于铁路沿线易受大风影响的关键区段，由风速传感器、风向传感器、数据采集器、供电模块等组成，连接可靠、便于安装调试及维护，同时满足以下基本要求：

- a) 工作温度：-40℃~+70℃（严寒地区应选用宽温型设备，满足-45℃低温存储）；
- b) 相对湿度：不大于100%，且具备防凝露能力；
- c) 抗风能力：传感器结构应能承受75m/s的瞬时极大风速而不发生机械损坏；
- d) 防护等级：传感器外壳及采集机箱外壳防护等级不低于GB/T 4208规定的IP65；
- e) 防雷等级：电源端口和信号端口应配置浪涌保护器，标称放电电流不小于20kA（8/20 μs波形）。

5.2 风速传感器

风速传感器技术指标应符合表2的规定。

表2 风速传感器技术指标

项目	技术指标	备注
测量原理	超声波/三杯机械式	超声波优先
测量范围	0m/s~60m/s	瞬时值
测量精度	$\pm 0.5\text{m/s}$ ($\leq 10\text{m/s}$ 时) ; $\pm 3\%$ ($> 10\text{m/s}$ 时)	—
启动风速	$\leq 0.8\text{m/s}$	超声波式无此限制
分辨率	0.1m/s	—
采样频率	$\geq 1\text{Hz}$	—
输出信号	RS-485数字信号	Modbus协议

5.3 风向传感器

风向传感器技术指标应符合表3的规定。

表3 风向传感器技术指标

参数项目	技术指标	备注
测量范围	$0^{\circ} \sim 360^{\circ}$	无盲区
测量精度	$\pm 3^{\circ}$	—
分辨率	1°	—
输出信号	RS-485数字信号	与风速传感器可集成
启动风速	$\leq 1.0\text{m/s}$	超声波式无此限制

5.4 数据采集器

数据采集器技术指标应符合表4的规定，具备数据滤波、校准、本地存储及故障自诊断功能，支持RS485、以太网、4G/5G接口。

表4 数据采集器技术指标

参数项目	技术指标	备注
通道数量	≥ 2 路传感器输入	支持双套冗余
ADC分辨率	$\geq 16\text{bit}$	—
采样同步误差	$\leq 10\text{ms}$	双通道之间
本地存储容量	$\geq 128\text{MB}$	—
数据预处理功能	3s滑动平均、数据有效性判断	—
功耗	$\leq 3\text{W}$ (不含加热)	—
工作电压	DC 12V或24V	$\pm 10\%$

5.5 供电模块

5.5.1 有市电区域应采用双路市电输入+在线式UPS供电，UPS备用时间不应少于4h，符合GB/T 25119的要求。

5.5.2 无市电区域应采用太阳能供电系统，配置如下：光伏组件功率 $\geq 120\text{Wp}$ ；蓄电池容量 $\geq 100\text{Ah}$ （12V系统）；连续阴雨天气保障能力 $\geq 72\text{h}$ 。

5.5.3 所有供电模块应具备防反接、过压、过流保护功能，市电中断后可稳定切换至备用电源。

5.6 防护外壳与安装支架

- 5.6.1 外壳防护等级不低于GB/T 4208规定的IP65，具备防腐蚀、防老化能力。
- 5.6.2 外壳材料应采用304不锈钢或耐候铝合金，防腐等级不低于C4级。
- 5.6.3 安装支架高度宜为4m~6m（距轨面），材质为热镀锌钢，安装牢固、无晃动。

6 数据传输要求

6.1 传输网络选择

- 6.1.1 主干网络应采用铁路专用承载网或光纤传输，带宽不应低于2Mbit/s，符合TB 10185的规定。
- 6.1.2 偏远地区或无光纤覆盖区可采用4G/5G公网或GSM-R作为备用通道，保障数据传输连续性。
- 6.1.3 每个监测点应配置主备两条通信链路，主链路故障时应在30s内自动切换至备用链路，确保传输不中断。

6.2 数据传输协议

- 6.2.1 现场采集层与数据传输层之间应采用Modbus RTU或Modbus TCP协议。
- 6.2.2 数据传输层与中心处理层之间应采用TCP/IP协议，应用层采用JSON或XML格式，便于数据解析与处理。
- 6.2.3 所有传输数据应进行加密，加密协议采用TLS 1.2及以上版本，保障数据传输安全。

6.3 传输性能要求

- 6.3.1 数据传输频率：日常状况（风速 $<10\text{m/s}$ ）：1次/10min；关注预警状态（ $10\text{m/s} \leq \text{风速} < 15\text{m/s}$ ）：1次/min；警戒及以上预警状态（风速 $\geq 15\text{m/s}$ ）：1次/10s。
- 6.3.2 传输时延：单包数据从采集端至中心服务器的端到端时延不应大于2s，紧急预警信息时延不大于2s。
- 6.3.3 误码率：数据传输误码率不应大于 10^{-6} ，数据校验采用CRC32算法。

6.4 传输网络维护

- 6.4.1 每月应进行一次传输链路的远程状态巡检，记录链路通断情况及丢包率，及时发现异常。
- 6.4.2 每季度应进行一次通信设备的现场检查，清洁设备、检查接头连接可靠性，确保设备正常运行。
- 6.4.3 通信链路年平均可用率不应低于99.9%，保障系统长期稳定运行。

7 数据处理与分析要求

7.1 数据处理中心硬件要求

- 7.1.1 数据服务器：CPU不少于16核，内存不少于64GB，存储不少于20TB（RAID 10），采用双机热备方式，支持冗余备份，符合工业级运行标准。
- 7.1.2 应用服务器：CPU不少于8核，内存不少于32GB，支持虚拟化部署，具备高效数据处理能力。
- 7.1.3 监控终端：分辨率不低于 1920×1080 ，响应时间不超过1s，支持多画面显示，便于实时监控。

7.2 数据处理软件要求

- 7.2.1 软件质量应符合GB/T 25000.51的规定，运行稳定、无卡顿。
- 7.2.2 软件安全应符合GB/T 28452的规定，具备权限管理、日志审计等安全功能。
- 7.2.3 大数据服务能力应符合GB/T 35274的规定，可高效处理多监测点并发数据。
- 7.2.4 软件应具备以下核心功能：多源数据融合与时间对齐；数据清洗；特征计算；阈值预警与报警判断；历史数据查询与统计分析；数据可视化展示；日志保存时间不小于1年。

7.3 数据处理流程

数据处理按以下顺序执行：

- a) 数据接收：中心服务器接收来自采集单元的原始报文，打上中心时间戳；

- b) 有效性校验：检查数据是否在0m/s~60m/s范围内，双套传感器差值是否超过1m/s；若差值超过1m/s，系统应发出“传感器偏差过大”告警，自动取高值作为预警依据；
- c) 野值剔除：连续三帧数据中，中间值与前后值偏差大于5m/s时判为野值，予以剔除并用线性插补替代；
- d) 特征计算：计算3s滑动平均风速（报警用）、10min平均风速（统计分析用）、瞬时极大风速及主导风向，为预警判断提供依据；
- e) 预警判断：将计算值与表5规定的预警阈值进行比较，输出预警等级，触发预警机制；
- f) 存储归档：将处理后的数据存入数据库，关键报警波形数据单独备份，备份周期为24h，中心服务器存储不少于3年历史数据及报警记录。

8 预警要求

8.1 预警等级划分

预警等级依据风速由低到高划分为三级，具体要求见表5。

表5 预警等级划分

预警等级	风速范围（3s平均）	预警颜色	适用场景
关注预警	10m/s≤V<15m/s	蓝色	全线通用，调度通知司机注意
警戒预警	15m/s≤V<20m/s	黄色	调度询问司机运行状态，提醒注意侧风
限速预警	20m/s≤V<25m/s	橙色	高架桥、山口区段限速120km/h
注：当风速V≥25m/s时进入封锁报警状态（红色），禁止发出列车。			

8.2 预警触发条件

- 8.2.1 单测量点触发：当任一监测点的3s平均风速连续3次（采样间隔1s）均达到或超过相应预警阈值时，触发该等级预警。
- 8.2.2 多点联合触发：当同一区间内连续两个及以上监测点（间距≤10km）同时达到关注预警及以上等级时，系统应自动升级至更高一级预警。
- 8.2.3 防误报机制：单次超阈值不报警，连续3次采样均超阈值触发预警逻辑，降低误报率。

8.3 预警发布方式

- 8.3.1 调度终端：预警信息应在调度终端以弹窗形式显示，弹窗停留时间应不少于10s，并伴随语音播报（“××区间×号点，风速××米每秒，注意侧风”）。
- 8.3.2 短信/APP推送：应向工务、电务、车务等相关人员手机发送预警短信，信息内容包括时间、地点、风速值、预警等级。
- 8.3.3 综合显示：预警信息应在车站综合显示屏及列车司机操控信息界面（DMI）同步显示。
- 8.3.4 预警时延：从实时风速达到预警阈值至终端显示，全过程不应大于10s。

8.4 预警解除

- 8.4.1 当实测风速连续10min低于当前预警等级阈值下限2m/s以上时，系统应自动降低或解除预警。
- 8.4.2 限速预警解除应满足以下条件：实测风速连续15min低于当前限速阈值下限3m/s以上；调度员人工确认后下发解除指令。
- 8.4.3 封锁报警解除应满足：风速降至22m/s以下且持续15min无反弹，由调度员确认后执行。

9 试验方法

9.1 监测终端环境与可靠性试验

- 9.1.1 低温工作/存储试验
按GB/T 2423.1执行。

9.1.2 高温工作试验

按GB/T 2423.2执行。

9.1.3 湿热试验

按GB/T 2423.4执行。

9.1.4 防护等级试验

按GB/T 4208执行。

9.1.5 结构抗风性能试验

采用专业风洞试验设备开展模拟抗风测试,将传感器及配套安装支架按现场安装姿态固定于试验台,模拟75m/s瞬时极大风速持续作用于设备主体结构,试验完成后目视及仪器检测结构状态。

9.1.6 防雷性能试验

采用浪涌测试仪对终端电源端口、信号端口开展防雷试验,选用8/20 μ s标准测试波形,施加不小于20kA的标称放电电流,试验后上电检测设备状态。

9.1.7 防腐性能试验

按GB/T 21621执行。

9.2 终端设备精度与性能试验

9.2.1 风速传感器

应按照以下步骤进行:

a) 将待测风速传感器固定于标准风洞试验平台,校准风洞设备精度后,依次设置0m/s、5m/s、10m/s、20m/s、30m/s、40m/s、50m/s、60m/s共八个梯度测试风速,每个测试点稳定运行1min后连续采集3组数据,计算平均值;

b) 对比实测数据与标准风速值,核查测量范围、分辨率、采样频率、启动风速及输出协议。

9.2.2 风向传感器

应按照以下步骤进行:

a) 将风向传感器固定于高精度数控旋转试验台,设备校准无误后,以15°为步进角度,完成0°~360°全角度连续测试,全程覆盖所有风向区间;

b) 逐点记录传感器实测角度数据,核查测量盲区、分辨率、测量精度、启动风速及集成输出功能。

9.2.3 数据采集器

应按照以下步骤进行:

a) 搭建专用测试平台,接入标准模拟信号源,依次对采集器各项参数进行逐项测试;

b) 核验冗余输入通道数量、ADC转换分辨率、双通道采样同步误差;

c) 实测本地存储读写性能、3s滑动平均及数据有效性预处理功能;

d) 测试额定电压及 $\pm 10\%$ 波动电压工况下的整机功耗与运行稳定性。

9.2.4 供电模块

应按照以下步骤进行:

a) 针对市电UPS供电模式,模拟市电中断场景,持续计时测试UPS备用续航时长;

b) 针对太阳能供电模式,采用遮光模拟方式,营造72h连续阴雨无光照工况,监测设备持续运行状态;

c) 同时开展电源异常测试,依次施加过压、过流、反接工况,核查保护功能触发状态,续航能力、运行稳定性、防护功能全部达标即为合格。

9.3 数据传输性能试验

9.3.1 通信链路冗余切换试验

通过带宽测试设备检测主干铁路专用网、光纤传输网络的实际带宽;人为模拟主干链路断连、信号中断等故障场景,全程计时监测系统链路切换动作,记录切换耗时、数据传输状态。

9.3.2 传输协议与加密试验

应按照以下步骤进行:

a) 搭建端到端传输测试环境,分别测试现场采集层与传输层的Modbus协议、传输层与中心层的TCP/IP协议适配性,核验JSON、XML数据格式解析功能;

b) 采用网络抓包工具对传输数据进行全程监测，核查数据加密方式与传输安全性。

9.3.3 传输指标符合性试验

应按照以下步骤进行：

a) 模拟日常、关注、警戒及以上不同风速工况，测试系统自动适配的传输频率；

b) 采用专业测试工具统计端到端数据传输时延、传输误码率；开展72h不间断连续运行测试，统计整体数据完整率。

9.3.4 链路可用性试验

长期监测通信链路在线状态，每日统计链路通断时长、丢包率及异常次数，累计统计全年链路运行数据，计算年平均链路可用率。

9.4 数据处理与软件功能试验

9.4.1 硬件性能试验

通过服务器硬件检测工具，逐项核查数据服务器、应用服务器的CPU核心数、内存容量、存储配置及RAID10阵列状态；手动触发双机热备切换、虚拟化部署调度操作，测试监控终端画面响应速度。

9.4.2 软件功能符合性试验

搭建全功能系统测试环境，逐项实测软件权限管理、日志审计、多源数据融合、数据清洗、特征计算、统计分析、可视化展示等核心功能，同时核查软件运行稳定性、安全性、大数据处理能力。

9.4.3 数据处理流程全流程试验

应按照以下步骤进行：

a) 人工模拟现场多组真实风速、风向原始数据，批量上传至数据处理中心，全程跟踪记录数据处理全流程；

b) 依次核查时间戳打标、有效性校验、野值剔除、线性插补、风速特征计算、预警等级判断、数据归档备份各环节运行逻辑。

9.5 预警功能试验

9.5.1 预警等级阈值试验

应按照以下步骤进行：

a) 通过模拟数据发生器，依次输入蓝色、黄色、橙色、红色四级预警对应的3s平均风速值，同时模拟普速铁路阈值放宽工况；

b) 逐组测试系统预警等级判定逻辑，记录预警触发等级与标准阈值的匹配度。

9.5.2 预警触发与防误报试验

应按照以下步骤进行：

a) 分步开展触发逻辑测试，先输入单次超阈值风速数据，核查系统不触发预警；

b) 再连续3次以1s间隔输入超阈值数据，测试单点预警触发功能；

c) 模拟同一区间多点同步超阈值工况，测试预警升级逻辑，触发规则、防误报机制、多级升级逻辑完全符合规范即为合格。

9.5.3 预警发布与时延试验

人工模拟各等级预警触发条件，同步启动计时，全程监测调度终端弹窗、语音播报、短信/APP推送、DMI界面、车站显示屏的响应状态，记录预警从触发到全部终端同步显示的总时延，核查弹窗停留时长、播报内容规范性。

9.5.4 预警解除逻辑试验

分别模拟关注、警戒、限速、封锁各类预警运行工况，待预警稳定触发后，逐级下调模拟风速，严格按照规范时长持续监测风速回落状态与系统解除动作，测试自动降级、人工确认解除等不同场景逻辑。